

Ю. М. Андреев, А. А. Ларин

# ЭФФЕКТ ДЖАНИБЕКОВА и очередной конец света

Давно отмечено, что без жупела человечеству жить скучновато. Самым страшным для него всегда представлялся конец света. Но на первых порах концепция светопреставления и следующего за ним **Страшного суда**, страшного на самом деле только для грешников, вполне устраивала праведников. Однако с распространением системы Коперника жить стало страшно и праведникам. Действительно, оказаться вместо неподвижной земной тверди, находящейся в центре Вселенной, на маленькой планете, несущейся неизвестно куда в просторах необъятного космоса, просто жутко. Успокоил человечество великий Ньютон, показавший, что движение планет происходит в соответствии с законами физики или, если угодно, классической механики, и эллиптическая траектория Земли в ее вращении вокруг Солнца подчиняется законам всемирного тяготения и сохранения момента количества движения.

Однако со временем наука дошла до новой опасности: а что если случайные возмущения, вызванные пролетающими близко крупными астероидами или кометами, вызовут смещение земной орбиты и изменение климата, сопровождающегося гибелью развитых форм живых организмов. На этот раз успокоить человечество удалось великому математику и механику Ж. Л. Лагранжу и великому астроному П. С. Лапласу, которые на основе зарождающейся теории малых колебаний показали устойчивость планетных орбит к такого рода возмущениям.

В дальнейшем развитие астрономии и таких ее составных частей,

как космогония и космология, дали целый ряд теорий образования Вселенной и сценариев ее развития, в том числе и сценариев катастроф. Но, к сожалению любителей острых ощущений, ждать ближайшую катастрофу долго — свыше миллиарда лет. Тут на помощь приходят другие гипотезы.

Если не гибелью всего человечества, то, по крайней мере, огромными утратами грозили «страшные» годы — 1999, 2000 и 2001. Если вни-

в него, неизвестно, но на всякий случай объявить конец света можно.

Но это всего лишь нумерология, а вот более **СТРАШНАЯ КАТАСТРОФА** была связана с концом календаря загадочных индейцев майя. Однако не успел Мир пережить и ее, как на смену пришла еще более страшная опасность — «эффект Джанибекова».

Опасность усугубляется тем, что, в отличие от катастрофы, предсказанной майя, которые указали ее точное

---

*Давно отмечено, что без жупела человечеству жить скучновато. Самым страшным для него всегда представлялся конец света. Но на первых порах концепция светопреставления и следующего за ним Страшного суда, страшного на самом деле только для грешников, вполне устраивала праведников. Однако с распространением системы Коперника жить стало страшно и праведникам*

---

мательно посмотреть на цифры 1999, то вы сами придете в ужас — это же 6661, непонятно только, как это мир пережил 666 и 1666 годы? Ну а 2000 и 2001 — это новое тысячелетие, для людей малограмотных оно наступает два раза. Чем опасно вступление

время (лучше, право, изобрели бы колесо!), упомянутый эффект, грозящий переворотом Земли и гибелью всего живого, может наступить в любой момент, а может, уже наступил и жить нам осталось несколько секунд.

25 июня 1985 года на орбитальной станции «Салют 7» космонавт Владимир Джанибеков распаковывал груз, доставленный с Земли. Отворачивая гайку-барашек от длинной шпильки, он придал ей вращение. После схода гайки со шпильки ее центр масс, как и должно быть в невесомости, двигался по прямолинейной траектории, а сама гайка по закону инерции продолжала вращаться вокруг оси резьбы. О том, что произошло дальше, рассказывает В. А. Джанибеков: «Вращаясь, гайка пролетает примерно 0.5 м, потом следует немыслимый резкий кувырок, как будто она исчезла и затем родилась в этом же объеме и летит, вращаясь уже в другую сторону<sup>1</sup>. Пролетев в этом положении строго определенное расстояние, гайка делает новый кувырок. Так продолжается и дальше».

Это явление настолько заинтересовало космонавта, что он провел опыт, для чего слепил из пластилина небольшой шар, в который вставил гайку.

Шар вращается, вращается, вращается, потом делает интересный кувырок, меняется ось, потом он вокруг новой оси вращается, вновь интересный кувырок. Потом он вокруг новой оси вращается, снова такой интересный кувырок — и полус уже в третьем месте [1].

Предоставим слово автору ролика на YouTube: «Пластилиновый шар —



это, по сути дела, модель Земли в космическом пространстве. Неизвестная внешняя сила, которая заставляла шар переворачиваться, действует и на нашу планету» [1].

Далее рассказывает академик РАН<sup>2</sup> Александр Фефелов: «Когда Джанибеков вернулся на Землю и рассказал своим коллегам об увиденном, они все пришли к выводу, что наш Земной шар периодически совершает точно такой же эффект Джанибекова — кувырок. Все внешне — это может случиться завтра, может через 10–15 лет. Очевидно, в космосе есть какая-то зона, может быть, их несколько таких зон, в которые время от времени попадает наш Земной шар. Если гайка в невесомости переворачивается через каждые 40 см, то переворот Земной оси происходит раз в 12 тысяч лет. Последний раз планета совершила кувырок в эпоху мамонтов. Ждать новой катастрофы осталось совсем недолго. В Восточной Сибири, как и в Курске, ее приметы обнаруживаются уже сейчас» [1].

Ну что сказать по этому поводу? Хорошо, что многие наиболее «ценные» представители человеческой цивилизации, кто на это смог «заработать», запаслись бункерами в ожида-

нии катастрофы «а ля майя». Жаль, что не все из них успеют добраться до спасительного убежища, ведь катастрофа произойдет **вдруг**, как у гайки **вжик**, — и юг на севере.

Народ возмущен. Возмущение выражается в различных высказываниях в Интернете. Мы не приводим здесь высказываний, изобилующих ненормативной лексикой, так как считаем их авторов не вполне понимающими, о чем они говорят. Но вот одно из писем вполне цензурных (с исправлением орфографии):

**«Эффект Джанибекова**

**Как космонавт посрамил академиков-дармоедов**

Спрашивается, а где же были наши академики до 1985 года? Почему не предсказали этот странный эффект, почему не описали его в учебниках? Как так получилось, что физике Ньютона уже 300 лет, а никто даже не представлял, как может вращаться тело в невесомости?

Настоящего ученого от школьника отличает то, что у него в голове должно быть целостное представление о **своем** предмете. Не несколько дат у историка, а целостная картина развития человечества, **ни один** больной орган у врача, а целостная картина всего организма. И не несколько формул у физика, а целостная картина ньютоновской физики. А в данном случае получается, что у физиков в головах только

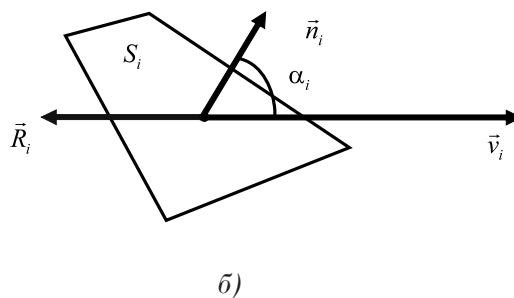
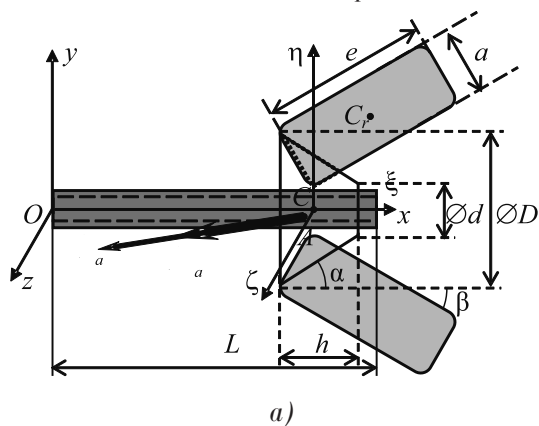


Рис. 1. Модель гайки-барашка:

- а) главный вектор и главный момент аэродинамических сил и системы координат;  
б) определение аэродинамической силы на элементарной площадке

<sup>1</sup> Следует отметить, что гайка на самом деле вращается не в другую сторону, а по-прежнему по часовой стрелке.

<sup>2</sup> Общественная организация «Российская академия естественных наук» не имеет никакого отношения к Российской академии наук и критикует рядом академиков и сотрудников РАН за то, что некоторые ее члены далеки от науки и не имеют ни должного образования, ни признанных научных работ [2].

несколько формул, как у школьников, а этой целостной картины мира нету, не видят они мысленным взором, что там с предметом должно происходить, потому и не смогли предсказать эффект Джанибекова. И это не только к ученым нашей страны относится. Ньютон, к сожалению, умер, а новых гениев, понимающих ньютоновскую физику, видать, не народилось.

Печально, господа.

А еще, некоторые говорят, что физика мертва» [3].

Но если отбросить шутки, то объяснения в Интернете растут, как грибы. Тут и эфир Тесла, и четвертое измерение, и еще Бог знает что. Желаящие могут сами найти множество сценариев и объяснений во Всемирной паутине.

Есть и вполне логичные объяснения на основе аналитической механики, но они, к сожалению, не подкреплены соответствующими выкладками или расчетами [4–6].

Хочется унять печаль автора письма [3]. После Ньютона многие ученые развивали классическую механику и создали аналитическую механику. Среди них величайшие ученые Ж. Д'Аламбер, Л. Эйлер, Ж. Лагранж, В. Гамильтон, М. В. Остроградский и многие другие. В механике есть ответ и на проблему «эффекта Джанибекова».

Решая задачу о малых колебаниях Луны, Леонард Эйлер рассматривал движение твердого тела вокруг центра тяжести по инерции, а также и вследствие возмущающих влияний других тел. Из его результатов, в частности, вытекало, что стационарные вращения вокруг всех трех главных центральных осей инерции твердого тела существуют, но вращение вокруг средней оси инерции неустойчиво, в то время как вращение вокруг большой и малой осей инерции устойчивы [7, с. 135–136]. Доказательство этого факта можно также получить с помощью теории устойчивости

движения, разработанной А. М. Ляпуновым [8, с. 427].

Те, кто не верит этому, могут посмотреть анимацию (см. ролик 1)<sup>3</sup> или сами провести опыт. Для этого можно подбросить прямоугольный параллелепипед, например спичечный коробок или упакованную книгу, придав ему вращение вокруг одной из осей симметрии. Вращение

Летающая и вращающаяся вокруг своей оси гайка-барашек является, по сути, гироскопом, имеющим шесть степеней свободы и, соответственно, шесть обобщенных координат. Три из них — это координаты центра масс, а три других — углы поворота вокруг трех взаимно перпендикулярных осей, или три угла Эйлера. При этом, во всяком случае в начале дви-

### *Переворот нашей Земле не грозит, так как она вращается вокруг оси с максимальным моментом инерции с достаточной угловой скоростью и не испытывает действия сил аэродинамического сопротивления*

вокруг короткой и длинной осей будет устойчивым, а вокруг средней — хаотическим.

С задачей устойчивости полета вращающегося снаряда столкнулись во второй половине XIX века артиллеристы. Крутизну нарезки орудийных стволов подбирали опытным путем, пока в 1890-х годах профессор Н. А. Забудский не вывел формулу угловой скорости вращения продолговатого снаряда, необходимой для его устойчивости [9].

Причины, побудившие авторов статьи заняться данной темой, кроются в вопросах, задаваемых совершенно разными людьми, в том числе и учеными, и студентами, и теми, кто не имеет специального образования. К тому же часто требуют объяснения «на пальцах». Совсем на примитивном уровне этого не объяснить, но для читателей, изучивших хотя бы курс классической механики, попробуем. Остальным придется поверить на слово.

Вращение вокруг собственной оси гайки намного интенсивнее, чем вокруг двух других. Поэтому можно считать, что кинетический момент гайки относительно ее центра масс приблизительно совпадает с этой осью. И тогда объяснить странное поведение гайки можно с помощью теоремы Резаля, являющейся геометрической интерпретацией теоремы об изменении кинетического момента:

$$\frac{d\vec{L}_C}{dt} = \vec{M}_C^e \quad (1).$$

Сравнивая (1) с формулой для вектора скорости точки А, являющейся концом кинетического момента  $\vec{L}_C$ , отложенного из центра С, —

$$\vec{v}_A = \frac{d\vec{L}_C}{dt} = \vec{M}_C^e, \quad (2),$$

мы получим, что эта скорость равна главному вектору момента внешних сил относительно того же центра  $\vec{M}_C^e$  и направлена в ту же сторону.

На гайку, летящую в кабине космического корабля, действуют

<sup>3</sup> Все анимационные ролики, на которые ссылаются авторы статьи, можно посмотреть на сайте Ассоциации выпускников: <http://alumni.univer.kharkov.ua/zhurnal-universitates-arxiv-nomerov/>



силы сопротивления воздуха. Как и всякая другая система сил, эти силы могут быть приведены к главному вектору и главному моменту. Выберем точкой приведения центр масс гайки. Нетрудно понять, что главный момент аэродинамических сил сопротивления воздуха отличен от нуля. Его величина растет при отклонении оси вращения от направления движения центра масс. Но даже если предположить, что ось еще не отклонилась, этот момент является переменным по направлению из-за вращения гайки. Поэтому движение гайки носит колебательный характер.

Так ведет себя в полете вращающийся артиллерийский снаряд, ось которого описывает коническую поверхность. Но, в отличие от снаряда, вращающегося вокруг оси с минимальным моментом инерции, гайка-барашек, ось которой имеет среднее значение момента инерции, ведет себя неустойчиво и постоянно опрокидывается.

Нами были сделаны расчеты с помощью компьютерного моделирования свободного движения гайки-барашка, представленной на рис. 1а. Главный момент инерции гайки-барашка относительно оси симметрии  $C_\xi$  имеет промежуточное значение, момент инерции относительно оси  $C_\zeta$  — максимальное, относительно оси  $C_\eta$  — минимальное, т. е.  $J_\eta < J_\xi < J_\zeta$ . Это объясняется наличием «ушек», поэтому момент инерции относительно оси симметрии, расположен-

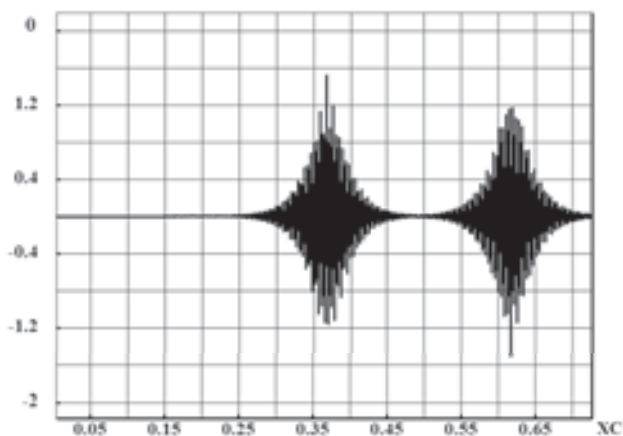
ной в плоскости ушек перпендикулярной оси резьбы ( $J_\eta$ ), будет минимальным, а относи-

тельно оси, перпендикулярной этой плоскости ( $J_\zeta$ ), — максимальным. В расчетах использовались разные модели аэродинамических сил. В простейшем случае (см. рис. 1а) — это динамический винт (совокупность коллинеарных друг другу главного вектора  $\vec{R}_a$  и главного момента  $\vec{M}_a$ , приложенных в некоторой точке А, не совпадающей или совпадающей с центром масс гайки — точкой С). Модули этих векторов пропорциональны соответственно линейной скорости центра масс и угловой скорости тела. Подробнее метод решения задачи и ее результаты изложены в статье [10].

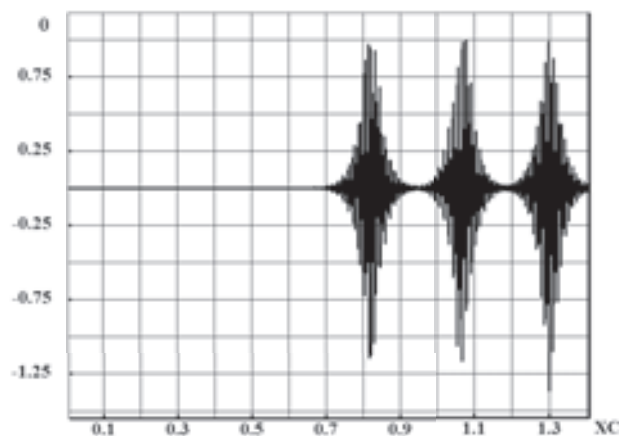
В более сложных случаях — это совокупность сил  $\vec{R}_i$ , приложенных к элементарным площадкам (рис. 1б), на которые разбивается внешняя поверхность гайки-барашка. Модули этих сил считались пропорциональными площади площадки  $S_i$ , а также первой, второй или третьей степени скорости  $\vec{v}_i$  площадки и распределялись относительно нормали  $\vec{n}_i$  по закону  $\cos \alpha_i$ . Оказалось, что ход процесса мало зависит от модели аэродинамических сил. Главное для проявления «эффекта Джанибекова» — наличие аэродинамического взаимодействия.

На ролике 2 можно видеть, как ведет себя гайка-барашек в случае, когда система аэродинамических сил представлена динамическим винтом, приложенным в точке А с координатами  $\xi_A = \eta_A = \zeta_A = 2$  мм (см. рис. 1а). Если же эти координаты сделать нулевыми, то увидим, что никакого эффекта нет (см. ролик 3). Даже если уменьшить координаты точки А в 10 000 раз, то и при таком микроскопическом моменте аэродинамических сил гайка опрокидывается. При этом только удлиняется начальный участок полета, в котором гайка летит не переворачиваясь. Это можно увидеть в анимации (ролик 4), из которой следует, что по сравнению с первым опытом (ролик 2) участок стабильного вращения увеличился с 30 см до 80 см. Затем поведение гайки становится таким же, как в первом опыте. На рис. 2 показано изменение угла поворота гайки в плоскости экрана (см. рис. 1а) при движении в указанных условиях.

Возьмем вместо гайки-барашка обычную гайку, у которой моменты инерции относительно осей, перпендикулярных оси резьбы, одинаковы. В зависимости от ее высоты момент инерции обычной гайки относительно оси резьбы будет или минимальным, или максимальным среди трех главных моментов инерции [11]. В связи с этим вращение обычной гайки в кабине космического корабля будет



а)



б)

Рис. 2. Угол поворота вокруг оси  $\zeta$  (угол тангажа) гайки-барашка:

а) для  $\xi_A = \eta_A = \zeta_A = 2$  мм; б) для  $\xi_A = \eta_A = \zeta_A = 0,2$  мкм



устойчивым. Расчет, проведенный для такой гайки, подтверждает данный вывод (см. ролик 5).

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Джанибеков никакого нового эффекта не обнаружил.

2. Переворот нашей Земле не грозит, так как она вращается вокруг

3. Но самое главное — это то, что все приведенные рассуждения к движению Земли не имеют никакого отношения, поскольку она не является твердым телом, а представляет собой вращающуюся жидкость, находящуюся под действием сил взаимного притяжения.

Формы устойчивого равновесия такой материи рассматривал великий

в годы работы доцентом Харьковского университета и успешно защищенной в 1892 году [13, с. 30–34].

Просто не верится, что в отряде космонавтов, многие из членов которого окончили Военно-воздушную инженерную академию им. Н. Е. Жуковского, не нашлось ни одного, знающего о гироскопических эффектах и гироскопическом моменте. Вряд ли летчики, летавшие на одномоторных машинах, хорошо знают, как они клюют носом или, наоборот, задирают его на вираже вследствие действия этого момента. Мы не говорим уже о специалистах в области динамики полета и управления космическими летательными аппаратами. Жаль, что вместо правильных разъяснений обнаруженных, но не новых явлений нас пичкают баснями об очередном конце света.

*После Ньютона многие ученые развивали классическую механику и создали аналитическую механику. Среди них величайшие ученые Ж. Д'Аламбер, Л. Эйлер, Ж. Лагранж, В. Гамильтон, М. В. Остроградский и многие другие. В механике есть ответ и на проблему «эффекта Джанибекова»*

оси с максимальным моментом инерции с достаточной угловой скоростью и не испытывает действия сил аэродинамического сопротивления.

математик и механик А. М. Ляпунов в своей докторской диссертации «Общая задача об устойчивости движения» [12], подготовленной им



## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.youtube.com/watch?v=60iBwQwAnqo>
2. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Российская\\_академия\\_естественных\\_наук](http://ru.wikipedia.org/wiki/Российская_академия_естественных_наук)
3. <http://forum.ixbt.com/post.cgi?id=print:64:1310>
4. [http://www.orator.ru/int\\_19.html](http://www.orator.ru/int_19.html)
5. <http://antiloх.info/interesnye-lyudi/effekt-dzhanibekova.html>
6. <http://www.elektron2000.com/node/691>
7. Арнольд В. И. Математическое понимание природы / В. И. Арнольд. – М. : МЦМНО, 2009. – 144 с.
8. Бабаков И. М. Теория колебаний / И. М. Бабаков. – М. : аука, 1968. – 560 с.
9. Горовой С. А. Физические основы функционирования стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия / С. А. Горовой. – Новосибирск : СГГА, 2007. – 140 с.
10. Андреев Ю. М. Моделирование движения свободного твердого тела в невесомости / Ю. М. Андреев, Т. А. Андреева, В. И. Васылюк // Вісник СевНТУ : зб. наук. пр. Серія : Механіка, енергетика, екологія. – Севастополь : Вид-во СевНТУ, 2013. – Вип. 137. – С. 3–8 ([http://sevntu.com.ua/jspsui/bitstream/123456789/5934/1/137\\_01.pdf](http://sevntu.com.ua/jspsui/bitstream/123456789/5934/1/137_01.pdf)).
11. Фаворин М. В. Моменты инерции тел : справочник. – Изд. 2-е / М. В. Фаворин ; под ред. М. М. Гернет. – М. : Машиностроение, 1977. – 512 с.
12. Ляпунов А. М. Общая задача об устойчивости движения / А. М. Ляпунов // Собр. соч. – М. : Изд-во АН СССР. – 1954. – Т. 2. – С. 7–236.
13. Академик Александр Михайлович Ляпунов : К 150-летию со дня рождения : монография / Л. Л. Товажнянский, Ю. М. Андреев, А. А. Ларин и др. – Х. : НТУ «ХПИ», 2007. – 288 с.